



TITLE:

Analysis of factors affecting dispersion stability of O/W emulsion during freezing and thawing processes(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Miyagawa, Yayoi

CITATION:

Miyagawa, Yayoi. Analysis of factors affecting dispersion stability of O/W emulsion during freezing and thawing processes. 京都大学, 2018, 博士(農学)

ISSUE DATE:

2018-03-26

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k21138>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開; 許諾条件により本文は2020-07-31に公開

(続紙 1)

京都大学	博士（農学）	氏名	宮川 弥生
論文題目	Analysis of factors affecting dispersion stability of O/W emulsion during freezing and thawing processes (冷解凍過程におけるO/Wエマルションの分散安定性に影響を及ぼす因子の解析)		
(論文内容の要旨)			
<p>水中に微細な油滴が分散した O/W（水中油滴）エマルションは熱力学的に不安定な系であり、時間の経過に伴い、油滴が合一し、やがて相分離に至るため、乳化食品においては、このような分散安定性の低下を抑制することが求められる。生活様式の変化などにより、O/W エマルション型食品の冷凍流通が期待されるが、冷解凍を経た O/W エマルションは容易に相分離するため、その実現には課題が多く、冷解凍過程において O/W エマルションの分散安定性に影響を及ぼす因子の解明と、それを制御する方法の開発が求められる。また、油脂の酸化も品質を低下させる要因である。そこで本論文では、O/W エマルション型食品の例としてマヨネーズを想定し、油脂の酸化およびエマルションの分散安定性について検討した。本論文は、O/W エマルションの分散安定性に関する第 1 部、O/W エマルションの酸化安定性に関する第 2 部、冷解凍プロセスが O/W エマルションの分散安定性に及ぼす影響に関する第 3 部、低融点植物油の結晶化挙動に関する第 4 部の 4 部 13 章より構成されている。</p> <p>第 1 部は、O/W エマルションの分散安定性とエネルギー効率を評価するモデルについて検討した結果をまとめたものであり、3 章よりなっている。</p> <p>第 1 章では、O/W エマルションの油滴の合一過程に対する活性化エネルギーを推算するモデルを提出し、油滴径が小さいほど活性化エネルギーの値が大きく、O/W エマルションの分散安定性が高いという経験則の妥当性を示した。</p> <p>第 2 章では、第 1 章で提出したモデルに基づき、油滴径分布の経時的変化を予測する方法を提案し、油滴径の平均値が小さく、また単分散性が高いほど、油滴径分布の変化は少なく、実験的に観測される油滴径分布の経時変化と同様の挙動を示した。</p> <p>第 3 章では、種々の乳化法に対して、O/W エマルションを調製する際に投入したエネルギーと乳化に利用されたエネルギーの関係、すなわち乳化のエネルギー効率を同一の指標で比較できる方法を提出した。</p> <p>第 2 部は、O/W エマルションおよび粉末油脂系における油脂の酸化過程を評価するモデルに関する第 4 章と第 5 章の 2 章よりなっている。</p> <p>第 4 章では、O/W エマルション中の油滴径の多分散性が油脂の酸化過程に及ぼす影響を考察するモデルを提出し、油滴径の多分散性が油脂の酸化速度に及ぼす影響は大きくないことを示した。</p> <p>第 5 章では、粉末油脂中の油滴径が油脂の酸化過程に及ぼす影響を評価するモデルを提出し、油滴径が小さいほど、また粉末中の油脂の体積分率が小さいほど、酸化を遅延できることを示した。</p> <p>第 3 部は、食品 O/W エマルションの例としてマヨネーズを想定し、冷解凍過程が分</p>			

散安定性に及ぼす影響を実験的に検討した第 6 章から第 9 章の 4 章よりなっている。

第 6 章では、マヨネーズの水相の主要成分である水-酢酸-食塩の 3 成分系に対する相図を作成し、種々の冷凍温度における氷結率を算出した。また、一般的な冷凍温度である -20°C における氷結率は約 50%であることを明らかにした。

第 7 章では、冷凍保存したときの O/W エマルションの分散安定性を、減圧した状態に保った室温で簡便に評価する新たな方法を提案した。本法により、水相の組成が分散安定性に及ぼす影響を短時間に評価することが可能となった。

第 8 章では、組成が異なる 2 種類のマヨネーズを冷解凍したときの温度および力学特性の変化と分散安定性を測定し、分散安定性の低下の主要因はマヨネーズ中の油脂の結晶化であることを示唆した。

第 9 章では、油相の体積分率（含油率）の異なる O/W エマルションの冷解凍過程における分散安定性を測定し、マヨネーズのような含油率の高いエマルションだけでなく、含油率の低いエマルションにおいても、エマルション中の油脂の結晶化により分散安定性が低下することを示した。

第 4 部は、融点の低い植物油の結晶化機構を考察し、結晶化するまでの時間の予測とその制御を試みた第 10 章から第 13 章の 4 章よりなっている。

第 10 章では、植物油脂が結晶化するまでの誘導期に及ぼす油脂の種類および添加する親油性乳化剤の影響を検討し、誘導期を延長する乳化剤の特性を明らかにした。

第 11 章では、菜種油を対象として、小角および広角 X 線散乱により種々の温度で冷凍保存した際の結晶構造の経時的変化を測定し、結晶多形の変化が保存温度に依存することを明らかにした。

第 12 章では、種々の温度に冷凍保存した菜種油の体積および熱量の経時的変化を測定し、植物油が結晶化に至る経路は二つ存在し、一方では植物油は不可逆的に結晶化するが、他方では可逆的に中間体に変化し、生じた結晶が自触媒的に中間体の結晶化を促進すると考えるモデルにより結晶化の全過程を合理的に説明した。

最終の第 13 章では、冷凍保存温度およびトリアシルグリセロールの構造を反映する新たなパラメータを定義し、種々の植物油が結晶化するまでの誘導期を同一の曲線で表現できることを示した。さらに、非等温過程で測定した植物油の示差走査熱量分析の結果に基づいて、等温保持した植物油の結晶化の誘導期を予測できることを示した。

注)論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は 1 頁を 3 8 字×3 6 行で作成し、合わせて、3,000 字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 words で作成し
審査結果の要旨は日本語 500～2,000 字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

乳化食品の品質を保持するうえで重要な分散および酸化安定性について、O/Wエマルジョンおよび粉末油脂を対象として、実験的な検討を行うとともに、それぞれの系で生起する現象を合理的に説明するいくつかの理論的なモデルについて検討した。成果として評価すべき点は次のとおりである。

1) O/Wエマルジョン中で油滴に働く粘性抵抗力を加味した運動方程式に基づいて、油滴の合一過程に対する活性化エネルギーを推算する方法を考案するとともに、油滴径分布の経時変化を予測する方法を提出し、油滴の平均径が小さく、単分散性が高いほど分布が変化し難いという経験則をよく説明した。

2) O/Wエマルジョンを調製する種々の方法について、単位体積のエマルジョンを調製する際に消費されたエネルギー、すなわちエネルギー密度に基づいて、乳化過程におけるエネルギー効率を統一的に比較することを可能とした。

3) 現実的な油滴径分布の範囲では、O/Wエマルジョン中の油滴の多分散性は油脂の酸化に影響を及ぼさないことを示した。また、粉末油脂では、油滴径および含油率を低下させると、油脂の酸化反応を遅延できることを示した。

4) 水-酢酸-塩化ナトリウムの3成分系の相図を作成し、酢酸および塩化ナトリウムを含む水相が結晶化した際の種々の温度における氷結率と、それに伴う溶質の濃縮率の算出を可能とした。また、菜種油を用いたO/Wエマルジョンの冷解凍に伴う分散安定性の低下に対して、水相の結晶化は顕著な影響を及ぼさないことを示すとともに、冷解凍に伴う分散安定性の低下の主要因は、油相の結晶化であることを明らかにした。さらに、冷解凍に伴いO/Wエマルジョンの分散安定性が低下する機構は、油相が水相より低温または高温で結晶化する場合とで異なる可能性を見出した。

5) 種々の温度で冷凍保存した際の菜種油の結晶化挙動を、結晶構造、体積変化および油脂の温度変化の点から明らかにし、保存を開始してから結晶化が完了するまでの菜種油の体積変化の過程を表現する新たな動力学モデルを提出した。

6) 植物油の結晶化が始まるまでの時間に与える親油性乳化剤の効果は、乳化剤の融解挙動から予想できる可能性を示した。また、融点の低い植物油が結晶化するまでの時間は、保存温度および植物油の脂肪酸とトリアシルグリセロールの組成を加味した新たなパラメータにより統一的に表現できることを見出した。

以上のように本論文は、乳化食品の分散および酸化安定性について、詳細な実験的検討により新たな知見を与えるとともに、それらの知見を合理的に説明するいくつかの新たなモデルを提出したものであり、食品工学、食品物理化学、油脂科学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成30年1月11日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨，審査の結果の要旨及び学位論文は，本学学術情報リポジトリに掲載し，公表とする．

ただし，特許申請，雑誌掲載等の関係により，要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は，以下に公表可能とする日付を記入すること．

要旨公開可能日： 年 月 日以降（学位授与日から3ヶ月以内）